

**Untersuchung der Graphitnodularität in Gusseisen mit Kugelgraphit
mittels digitaler Bildverarbeitung (DIAgraph)**

Forschungseinrichtungen:

1. Gießerei-Institut der RWTH Aachen
2. Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V., Berlin

Laufzeit: 01.03.2017 bis 31.05.2019

Zusammenfassung:Zielsetzung:

Die quantitative Bestimmung der Gefügebestandteile von Gusseisen mit Kugelgraphit (GJS) ist eine wesentliche Komponente der Materialentwicklung und Qualitätssicherung, da einerseits die Werkstoff- und Bauteileigenschaften davon abhängen, andererseits die Anforderungen der Gussabnehmer erfüllt werden müssen. Das Vorhaben zielte auf die systematische Untersuchung der Einflussgrößen bei der Ermittlung des Gefügekennwertes 'Nodularität' von GJS. Vor Projektbeginn erfolgte die Graphitformbestimmung durch visuelle Begutachtung nach DIN EN ISO 945-1 sowie durch Bildanalyse anhand der Vorschläge des technischen Reports ISO/TS 945-2, die jedoch beide aufgrund nicht ausreichender Objektivität keine verlässliche und reproduzierbare Auswertung ermöglichen. Die Implementierung eines anlernbaren Klassifikators anhand objektbasierter Parameter (Fläche, Größe, Rundheit, Streckung, Konturkrümmung, ...) sollte es ermöglichen, die Graphitpartikel, insbes. Sphärolithen, zu identifizieren und Graphitentartungen automatisch zu erkennen.

Hierfür wurden die Einflüsse bei der Bildaufnahme und -auswertung von Gusseisen mit Kugelgraphit untersucht und die unterschiedlichen Ansätze zur Bestimmung der Nodularität miteinander verglichen und evaluiert. Die entwickelten Algorithmen wurden von BA-Anbietern und -Anwendern (Gießereien, Testlabore) in Ringversuchen getestet und von den Forschungseinrichtungen ausgewertet.

Ergebnisse

Im Projektverlauf wurden umfangreiche Untersuchungen und Entwicklungen zur Bildanalyse von Graphitmorphologien in Gusseisen mit Kugelgraphit durchgeführt. Es wurde verdeutlicht, dass die in GJS vorhandenen Graphitmorphologien eine große Variationsbreite aufweisen und visuell nicht immer den stilisierten Graphitformen in bestehenden Richtreihen internationaler Normen zugeordnet werden können, da die aktuellen Klassifikationsnormen nicht die gesamte Vielfalt der Graphitmorphologien in Gusseisen mit Kugelgraphit abdecken. Es wird dringend empfohlen, die Richtreihen um weitere unrunde Graphitmorphologien zu erweitern, die gleichzeitig neben den gewünschten Graphitmorphologien vorliegen können. Zumindest einige dieser unerwünschten Graphitmorphologien sollten ebenfalls dargestellt und definiert werden, damit Metallographen praktisch alle Graphitpartikel zweifelsfrei klassifizieren können.

Bei Anwendung der Bildanalyse war die Klassifizierung bisher ebenfalls nur teilweise möglich, da die einzelnen Partikel nicht allein über den Parameter Rundheit klassifiziert werden konnten. Um dies zu ermöglichen, wurden ein angepasstes hierarchisches Klassifikationsschema für die Formklassen nach DIN ISO 945-1 und geeignete Formparameter evaluiert, so dass die Kombinationen verschiedener Formparameter (u. a. Rundheit, Konvexität, Kompaktheit, Konturkrümmung, Eckenanzahl, Exzentrizität) zur Klassifikation verschiedener Formklassen genutzt werden kann. Dabei wurde der Platzhalter „Form IV“ für unrunde, isolierte Graphitpartikel anstatt Temperkohle verwendet. Die derzeitige Implementierung des Klas-

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Das IGF-Vorhaben Nr. 19363N der Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V., Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf, wurde über die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

sifikators nach dem 3. Ringversuch wurde an den Bildaufnahmen, die u. a. im 1. Ringversuch zum Einsatz kamen verifiziert. Zudem wurde der gesamte Prozess hinsichtlich der Graphitanalyse evaluiert, um zu einem reproduzierbaren und vergleichbaren Verfahren zur automatisierten digitalen Bildanalyse von Kugelgraphit beizutragen. Neben der Festlegung von Kriterien für eine ausreichende Probenvorbereitung wurde gezeigt, dass Mikroskop- und Kameraeinstellungen mit unterschiedlichen Kalibrierungen und Beleuchtungskonfigurationen die aufgezeichneten Bilddaten und deren Genauigkeit beeinflussen können und somit Gründe für unterschiedliche Graphitanalyseergebnisse sind. Dies kann ebenfalls in der unterschiedlichen Implementation verschiedener Größen- und Formparameter liegen, was durch klarere Richtlinien sichergestellt werden könnte. Darüber hinaus kann eine erforderliche Bildverarbeitung wie Binarisierung zu Abweichungen führen und muss in Richtlinien berücksichtigt werden. Zusätzlich sind Nodulari-

tätsstandardabweichungen von ca. 5 % bei GJS allein in der Auswahl der Probenstelle begründet, sodass diese gesamten Untersuchungen und andere Literaturstellen bisherige Nodularitätsgenauigkeiten (ca. 3–4 % für hohe Nodularitäten, 10 % für niedrige Nodularitäten) bestätigen und spezifizieren.

Fazit

Die Ergebnisse werden in die bereits angelaufene Normung der digitalen Bildanalyse und Nodularität (neue Normenvorhaben ISO 945-2 bzw. 945-4) einfließen, die es den Gießereien ermöglicht, Verfahrensanweisungen zur schnellen und reproduzierbaren BA von GJS umzusetzen. Eine so standardisierte Vorgehensweise bei der Graphitformbestimmung erlaubt erstmalig eine allgemeingültige Qualitätsvereinbarung zwischen Gießerei und Gussabnehmer, was die Wettbewerbsfähigkeit der zumeist klein- und mittelständischen Gießereien verbessert.

Das Forschungsziel wurde erreicht.

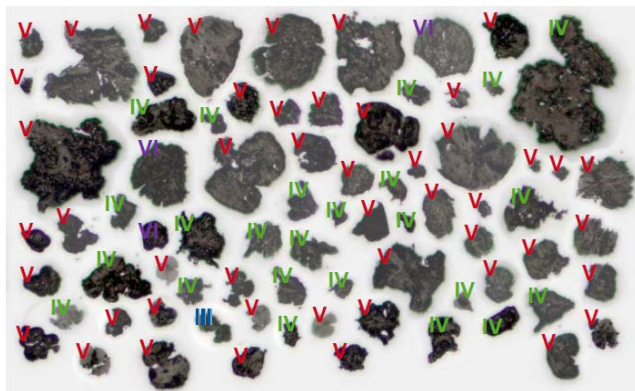


Bild 1: Zusammenstellung von Graphitpartikeln, die von den Ringversuchsteilnehmern teilweise als Form V bezeichnet wurden, aber digital mittels Rundheitskriterium durchaus anderen Formklassen zugeordnet wurden.

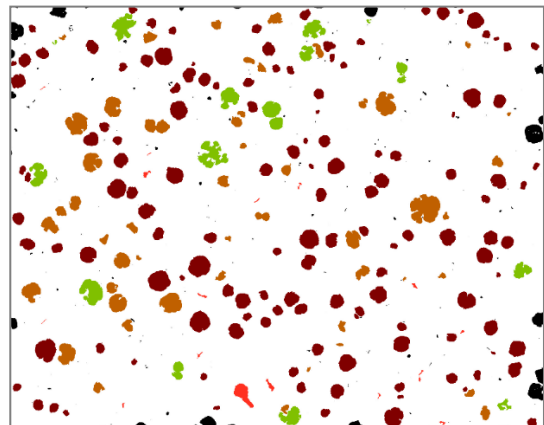


Bild 2: Beispiel einer Klassifikation nach hierarchischem Ansatz (dunkelrot: Form VI, orange: Form V, grün: Form IV, rot: Form III, schwarz randgeschnittene Partikel, die nicht klassifiziert wurden)

Der vollständige Schlussbericht liegt vor und kann schriftlich angefordert werden bei der
 Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V.
 Hansaallee 203 - 40549 Düsseldorf
 Fax: 0211 / 6871 40 245 - Email: fvg@bdguss.de